

**Publication of the German patent application No. 2315054 (abstract)**

**"Integrated semiconductor photodetector for multi-spectral photometry"**

This patent describes a multi-spectral semiconductor photodetector unit containing several photosensitive diodes, whose spectral sensitivity peaks at different wavelengths, respectively. The detector unit is made from a semiconductor material which acts both as detector and as spectral filter, i.e. there is no need to combine the single detectors with appropriate filters.

The epitaxially grown semiconductor layers enabling the detection consist of a ternary semiconductor such as  $\text{GaAs}_{1-x}\text{P}_x$ , where the variation of the composition during the growth changes the fundamental band gap along the growth axis. An etching process or grinding tilted with respect to the growth axis provides access to semiconductor material with different band gap energy.

Several diodes (p-n-junctions or Schottky diodes) are fabricated on different positions on the semiconductor crystal in such manner that a series of detectors is obtained, where the fundamental band gap energy of the crystal continuously decreases when seen from the direction of the incident radiation.

Photons impinging onto the detector unit described mainly generate a photocurrent in photodiodes where the photon energy is close to the band gap energy of the semiconductor at the position of the photodiode. Photons having a higher energy are more likely to be absorbed by the preceding semiconductor material, whereas photons of lower energy are transmitted and may be absorbed by consecutive layers. Thus, each photodiode shows a narrow spectral characteristic, which is mainly determined by the length of the contacts along the growth axis. Moreover, the photodiodes exhibit short response time and have low dark current characteristics.

Such a detector enables the realization of a compact multi-spectral detector unit. For instance, a device containing detectors for 20 different spectral regions can be mounted in a housing of 8 mm in diameter and 4 mm in height. In addition, the device is mechanically robust and insensitive to temperature fluctuations.

51

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

Int. Cl.:

H 01 L 15/00

H 01 L 31/06

DEUTSCHES



PATENTAMT

52

Deutsche Kl.:

21 g, 29/01

10

11

21

22

43

# Offenlegungsschrift 2 315 054

Aktenzeichen: P 23 15 054.1-33

Anmeldetag: 26. März 1973

Offenlegungstag: 3. Oktober 1974

Ausstellungspriorität: —

30

Unionspriorität

32

Datum: —

33

Land: —

31

Aktenzeichen: —

54

Bezeichnung:

Integrierte Halbleiter-Fotodetektoren zur Vielfach-Spektralfotometrie

61

Zusatz zu: —

62

Ausscheidung aus: —

71

Anmelder:

Bleicher, Maximilian, Dr.-Ing., 8000 München

Vertreter gem. § 16 PatG: —

72

Als Erfinder benannt:

Erfinder ist der Anmelder

Prüfungsantrag gemäß § 28 b PatG ist gestellt

DT 2315054

BEST AVAILABLE COPY

9.74 409 840/600

5/70

INTEGRIERTE HALBLEITER-FOTODETEKTOREN ZUR  
VIELFACH-SPEKTRALFOTOMETRIE

Die Erfindung besitzt die Eigenschaft eines Spektrometers zusammen mit speziellen Fotoelementen. Ihre Anwendung liegt in der spektralen Analyse von Strahlung. Sie kann sowohl für diskontinuierliche als auch für kontinuierliche Spektrometrie verwendet werden.

Aufgrund ihrer äußerst kleinen Bauform und ausgeprägten mechanischen Robustheit (insbesondere Erschütterungsunempfindlichkeit) eignet sich die Erfindung speziell zum Einsatz in fliegenden Objekten (z.B. Satelliten, Flugzeugen). Beispielsweise kann die Erfindung bei meteorologischen Beobachtungen eingesetzt werden. Ebenso ist eine spektrale Beobachtung der Erdoberfläche möglich, wobei Boden- und Wasserbeschaffenheit sowie Erntezustände registriert werden können. Desweiteren ist die Erfindung auf dem Gebiet der optischen Nachrichtenübertragung als Empfänger einsetzbar. Ein besonderer Vorteil liegt hierbei in der äußerst kurzen Ansprechzeit (GHz-Bereich). Die Erfindung erlaubt ferner die Realisation spezieller optoelektrischer Koppellemente, bei denen einzelne Sender Strahlung verschiedener Wellenlänge abgeben.

Bisher war zur Spektrometrie ein im Verhältnis zur Erfindung unverhältnismäßig großes Gitter- Prismen- oder Filterspektrometer zusammen mit entsprechenden Fotodetektoren notwendig. Die Firma "United Detector Technology", USA führt einen miniaturisierten spektrometrischen Vielfachdetektor vor, der auf dem Prinzip einzelner optischer Filter basiert (Zeitschrift "Elektronik", Jahrgang 1973, Heft 2, Seite A23). Dieses Konstruktionsmerkmal ist der entscheidende Nachteil des besagten

409840/0600

BEST AVAILABLE COPY

Elementes, da Herstellung und Aufbringung der Filter einen sehr aufwendigen Prozeß darstellen. Außerdem sind dadurch der Baugröße Schranken gesetzt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Spektrometer - Detektor Einheit kleinstmöglicher Bauform und größtmöglicher Robustheit und Güte zu schaffen, bei deren Herstellung die oben erwähnten Nachteile nicht erscheinen.

Erfindungsmäßig wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß für den elektrisch aktiven Teil der Detektoren ein Halbleitermaterial verwendet wird, welches gleichzeitig die Aufgabe der optischen Filterung übernimmt. Detektoren und spektrometrische Filter werden damit zu einer Einheit integriert. Die spektrale Empfindlichkeitsverteilung wird durch die spezielle Zusammensetzung des Halbleiters erreicht, indem dessen Energielücke örtlich variiert.

Erfindungsmäßig bringt die dadurch bedingte Angleichung der Energielücke des Halbleiters an die Energie des zu detektierenden Lichtes (oder Strahlung) den weiteren Vorteil sehr geringer Dunkelströme.

Herstellungstechnisch gesehen können die elektrischen Detektordioden der Erfindung sowohl als diffundierte, legierte oder ionenimplantierte p-n Übergänge als auch als Metall - Halbleiter Übergänge (sogenannte Schottky-Dioden) ausgeführt werden. Letzteres bringt erfindungsmäßig den Vorteil einfacher Produktionsweise sowie besonders kurzer Ansprechzeiten der Detektoren.

Bei der Ausführung des nichtsperrenden elektrischen Kontaktes (sogenannter Ohm'scher Kontakt) liegt ein erfindungsmäßiger Fortschritt darin, daß ein Ende des Halbleitermaterials der Erfindung so dünn ausgeführt werden kann, daß es möglich wird, eine Metallverbindung durch den Halbleiter hindurch zu legieren, wonach dann durch Aufdampfen eines Metalls auf die Gegenseite der Anschluß für den nicht sperrenden Kontakt auf der gleichen Seite liegt, wie die Anschlüsse für die Detektoren.

409840/0600

REST AVAILABLE COPY

Erfindungsmäßig können weitere elektronische Bauteile entweder direkt auf dem Halbleitermaterial der Erfindung (monolithisch) oder getrennt, aber im gleichen Gehäuse (hybrid) integriert werden.

Die mit der Erfindung erzielten Vorteile sind insbesondere in der erreichbaren Miniaturisierung und der einfachen Herstellungsmöglichkeit zu sehen. Beispielsweise lassen sich Detektoren für ca. zwanzig verschiedene Spektralbereiche in einem Gehäuse mit einem Durchmesser von 8mm und einer Bauhöhe von 4mm ohne Schwierigkeiten unterbringen. Ein besonderer Vorteil der Erfindung ist ihre mechanische und temperaturmäßige Stabilität. Andere elektronische Bauelemente sind mit der Erfindung integrierbar, was als weiterer Vorteil zu werten ist.

Das Funktionsprinzip der Erfindung wird aus Bild 1 ersichtlich: Die Strahlung der Energie  $E = hf$  trifft auf einen Halbleiter mit konstanter größerer Energielücke (Bereich ①); Die Energielücke des Halbleiters nimmt im darauffolgenden Bereich ② stetig ab, um im Bereich ③ einen konstanten kleineren Wert anzunehmen. Strahlung, deren Energie  $E = hf$  kleiner als die Energielücke des Halbleiters ist, durchdringt diesen, ohne entscheidend absorbiert zu werden; wird ihre Energie dagegen nur wenig größer als die Energielücke des Halbleiters, so steigt die Absorption der Strahlung nahezu sprunghaft (Absorptionskante), und die absorbierte Energie wird verbraucht, um im Halbleiter freie Ladungsträger (Elektron - Loch - Paare) zu erzeugen. Diese Ladungsträger wiederum bewirken über einen nichtlinearen elektrischen Kontakt (Diode) einen Stromfluß in einem äußeren elektrischen Kreis. Werden nun besagte nichtlineare Kontakte örtlich längs des Halbleiters (Bereich ②) mit örtlich variierender Energielücke aufgebracht, so wird von jedem einzelnen Kontakt gerade dann ein Strom erzeugt, wenn die Energie der einfallenden Strahlung gerade der Energielücke des Halbleiters an der Stelle des Kontaktes entspricht. Strahlung mit höherer Energie wird örtlich bereits vorher, solche mit niedrigerer Energie erst später absorbiert. Somit

ist jedem Kontakt (Detektor) eine feste Wellenlänge der Strahlung exakt zugeordnet. Eine "Verschmierung" (Bandbreite) resultiert primär aus der räumlichen Ausdehnung der Kontakte in Richtung der variablen Energielücke des Halbleiters.

Bild 2 zeigt eine Ausführungsform der Erfindung, wobei die Bereiche ①, ② und ③ den oben erwähnten und in Bild 1 dargestellten entsprechen. Kontakt Nr. 1 wurde als durchlegierter Ohm'scher Kontakt ausgeführt, wie weiter oben beschrieben. Typische Abmessungen der Erfindung sind: Länge = 4mm, Breite = 1mm, Dicke = 20 - 100µm.

Bild 3 gibt die relative spektrale Empfindlichkeit der Erfindung wieder. Es handelt sich dabei um die Messung eines verwirklichten Aufbaus; eine Verschmälerung der Spektralkurven ist durch verfeinerte Herstellung ohne weiteres erreichbar. Der von der Erfindung erfaßbare Wellenlängenbereich ist nur von der Art des verwendeten Halbleitermaterials abhängig.

409840/0600

BEST AVAILABLE COPY

Patentansprüche:

1. Elektrisch und optisch integrierte Halbleiter-Fotodetektoren zur Vielfach-Spektralfotometrie,

dadurch gekennzeichnet, daß das für die elektrische Energiewandlung maßgebliche Halbleitermaterial gleichzeitig als optisches Filter genutzt wird, unabhängig davon, ob die in der Erfindungsbeschreibung erwähnten Bereiche ① und ③ bei der Herstellung der Erfindung verwendet werden oder nicht.

2. Spektrometrische Halbleiterdetektoren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, daß eine Anpassung der Energielücke des Halbleiters an die Energie der zu detektierenden Strahlung in einem minimalen Dunkelstrom der Detektoren resultiert.

3. Spektrometrische Halbleiterdetektoren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, daß die Ausführung der nichtlinearen elektrischen Kontakte als legierte, diffundierte oder punktkontaktierte Dioden insbesondere aber als Metall - Halbleiter Dioden oder als ionenimplantierte Dioden erfolgt.

4. Spektrometrische Halbleiterdetektoren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, daß die Herstellung der nichtsperrenden elektrischen Kontakte außer durch konventionelle Technik durch Durchlegieren von Metallmischungen oder von Reinetallen durch das dünne Halbleiterplättchen der Erfindung geschieht. (Unter konventioneller Technik wird Legieren, Diffundieren, Aufdampfen, Bonden und Implantieren verstanden).

5. Spektrometrische Halbleiterdetektoren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, daß auf dem Halbleitermaterial der Erfindung oder in dem Gehäuse, in welches diese eingebaut ist, sich noch weitere elektronische Bauelemente zum Zweck monolithischer oder hybrider Integration befinden können.

409840/0600

BEST AVAILABLE COPY

6. Spektrometrische Halbleiterdetektoren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Halbleitermaterial der Erfindung aus einem ternären III - V Verbindungshalbleiter (z.B.  $\text{GaAs}_{1-x}\text{P}_x$ ) besteht, dessen graduierter Verlauf der Energielücke einer Veränderung der Komponentenkonzentration  $x$  entstammt, welche durch Dampf- oder Flüssigphasenepitaxie erzeugt werden kann.

7. Spektrometrische Halbleiterdetektoren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Zugänglichkeit zur Zone mit variabler Energielücke zum Zweck der Aufbringung der Diodenkontakte durch schräges Anschleifen und/oder Anätzen des Halbleiters bewerkstelligt wird.

23. 5. 77



**7**  
Leerseite

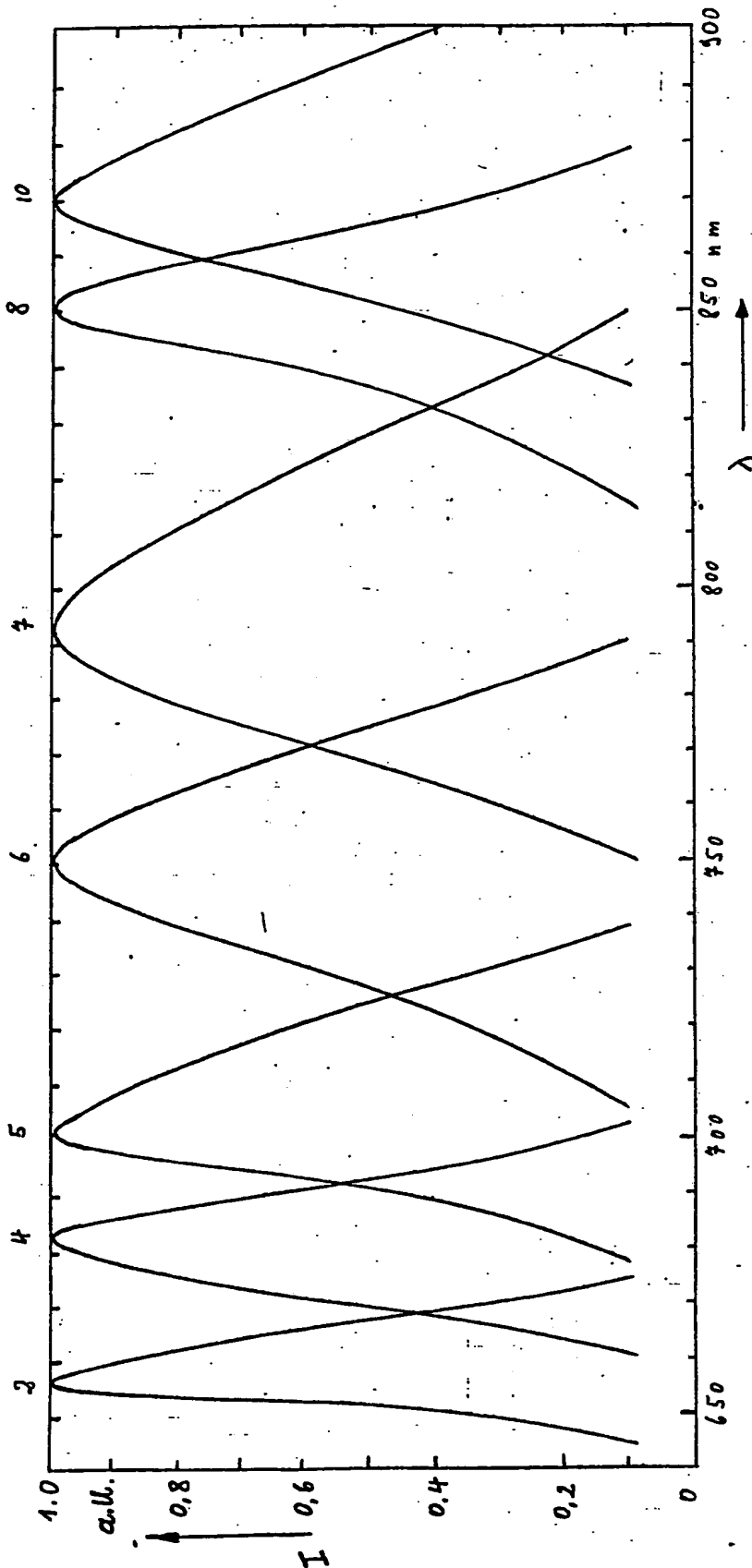


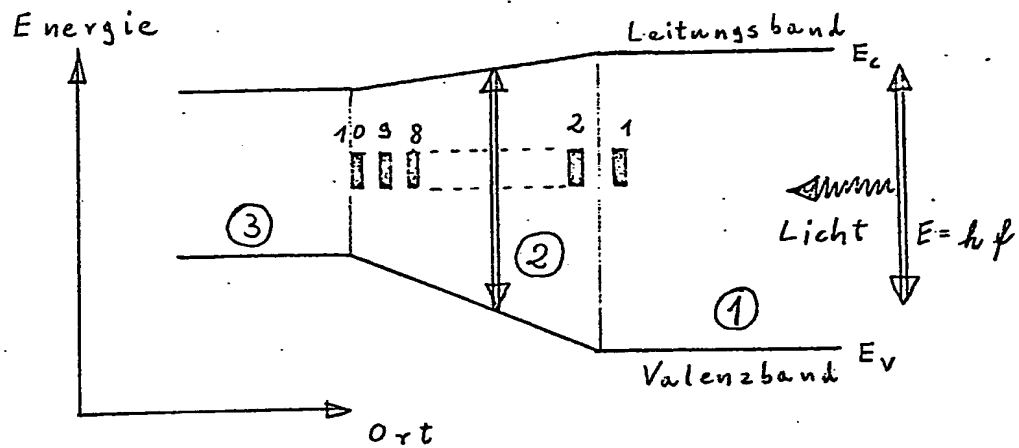
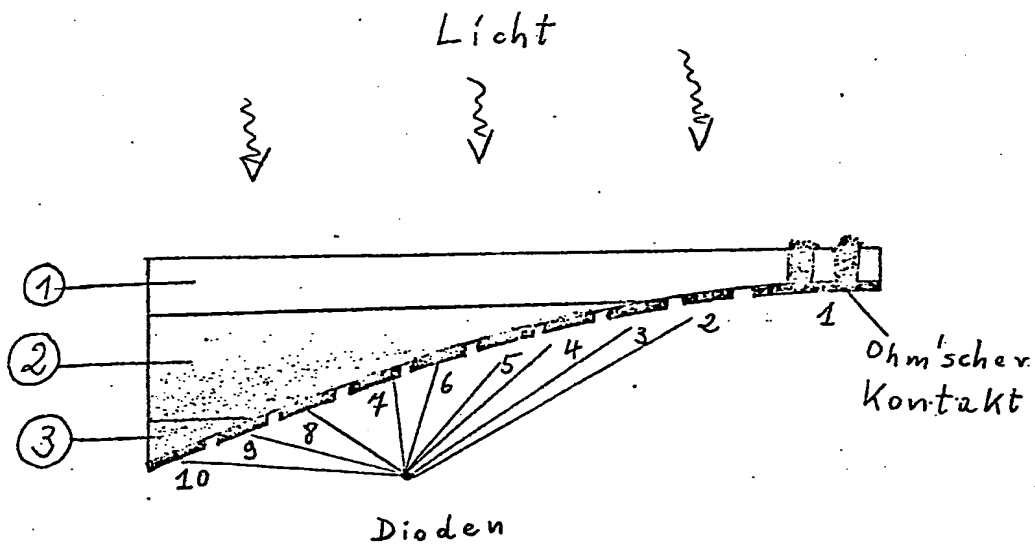
Bild 3

2315054

BEST AVAILABLE COPY

409840/0600

-9-

Bild 1Bild 2

BEST AVAILABLE COPY

409840/0600

21g 29-01 AT:26.03.1973 OT/03.10.1974